

Optoelektronischer Sensor und Vorrichtung zur
3D-Abstandsmessung

5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen optoelektronischen Sensor zum Demodulieren eines modulierten Photonenstroms, sowie eine wenigstens einen elektronischen Sensor aufweisende 10 Messvorrichtung zur 3D-Abstandsmessung durch Ermittlung der Laufzeit eines modulierten Photonenstroms.

Verfahren und Vorrichtungen zur 3D-Objektvermessung sind hinlänglich bekannt. So ist in der DE 197 04 496 C2 unter 15 anderem ein photonisches Mischelement (PMD, Photonic Mixer Device) beschrieben, welches zur Vermessung passiver Objekte verwendet werden kann. Das photonische Mischelement enthält ein p-dotiertes Siliziumsubstrat, auf welchem mindestens zwei lichtempfindliche Modulationsphotogates 20 angeordnet sind. Den Modulationsphotogates sind ebenfalls auf dem p-dotierten Siliziumsubstrat angeordnete Akkumulationsgates zugeordnet. Die Modulationsphotogates werden mit einer modulierenden Gegentaktspannung betrieben. Auf das p-dotierte Siliziumsubstrat auffallende, 25 intensitätsmodulierte Licht erzeugt Minoritätsladungsträger, die unter dem Einfluss der modulierenden Gegentaktspannung zu den Akkumulationsgates driften und dort aufintegriert werden. Voraussetzung für eine Objektvermessung ist, dass zwischen der Phase der 30 Gegentaktspannungen und der Phase des von einem Sender abgestrahlten, intensitätsmodulierten Lichts eine

BESTÄTIGUNGSKOPIE

vorgegebene Phasenbeziehung besteht. Ein Nachteil eines solchen photonischen Mischelementes ist darin zu sehen, dass die Modulationsphotogates und die Akkumulationsgates auf dem Siliziumsubstrat aufgebracht sind, und somit den optischen Sensorbereich des photonischen Mischelementes beschränken. Darüber hinaus ist es nicht möglich, mit den auf dem Siliziumsubstrat angeordneten Modulationsphotogates ein konstantes Driftfeld im Substrat zu erzeugen.

10 Aus der DE 100 47 170 C2 ist ein PMD-System bekannt, mit dem neben der Intensität auch die Laufzeit einer von einem Sender abgestrahlten und von einem photonischen Mischelement empfangenen intensitätsmodulierten Lichtwelle gemessen werden kann. Die Patentschrift beschäftigt sich 15 jedoch nicht mit der Realisierung von photonischen Mischelementen.

Aus der DE 198 21 974 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung von Phase und Amplitude 20 elektromagnetischer Wellen unter Einsatz von photonischen Mischdetektoren bekannt. Ähnlich dem photonischen Mischdetektor nach der DE 197 04 496 C2 befinden sich Modulationsphotogates und Akkumulationsgates auf einem Halbleitersubstrat. Im Unterschied zu den 25 Modulationsphotogates und Akkumulations-Gates gemäß der DE 197 04 496 C2 weisen die Modulationsphotogates sowie Akkumulations-Gates gemäß der DE 198 21 974 A1 die Form länglicher, schmaler und paralleler Streifen auf.

30 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen optoelektronischen Sensor bereitzustellen, bei dem der Sensorbereich nicht durch Gates abgeschattet wird und bei dem ein im Wesentlichen homogenes Driftfeld erzeugt werden kann.

Ein Kerngedanke der Erfindung ist darin zu sehen, dass das zur Demodulation eines intensitätsmodulierten Photonenstroms erforderliche Driftfeld direkt in einem Halbleiterbereich des Sensors erzeugt wird. Auf diese Weise kann ein homogenes Driftfeld erzeugt werden. Gleichzeitig ist der optische Sensorbereich über dem Halbleiterbereich frei von Elektroden und kann somit in seinen optischen Eigenschaften optimiert werden.

10 Das oben genannte technische Problem wird zum einen durch einen optoelektronischen Sensor zum Demodulieren eines modulierten, insbesondere intensitätsmodulierten Photonenstroms gelöst.

15 Hierzu weist der optoelektronische Sensor einen Halbleiterbereich auf, welcher vorzugsweise p-dotiert ist. In dem Halbleiterbereich sind wenigstens zwei Sammelzonen eingebracht, die beispielsweise in den Halbleiterbereich diffundiert und invers zum Halbleiterbereich dotiert sind.

20 Die Sammelzonen dienen dem Sammeln und Abgreifen von Minoritätsträgen dienen, die beim Eindringen eines modulierten Photonenstroms in den Halbleiterbereich erzeugt werden. Weiterhin sind wenigstens zwei Steuerzonen in dem Halbleiterbereich eingebracht, die in Abhängigkeit von 25 einer an die Steuerzonen anlegbaren Steuerspannung ein Driftfeld erzeugen können, wobei die Steuerzonen vom gleichen Dotierungstyp wie der Halbleiterbereich sind.

30 Alternativ können die Sammelzonen auch durch lokale Ladungsverschiebungen in dem Halbleiterbereich erzeugt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Zweckmäßigerweise ist ein Halbleitersubstrat vorgesehen, welches den Halbleiterbereich trägt oder enthält und höher dotiert ist als der Halbleiterbereich.

5 Alternativ zu dem höher dotierten Substrat kann der Halbleiterbereich als Halbleiterschicht auch auf einem Dielektrikum aufgebracht sein.

10 Um in der Nähe der Sammelzonen ein ausreichend starkes Driftfeld erzeugen zu können, weisen die Steuerzonen zum Mittelpunkt des Sensors einen größeren Abstand auf als die Sammelzonen. Auf diese Weise überspannt das Driftfeld die Sammelzonen.

15 Das oben genannte technische Problem wird ebenfalls durch eine Messvorrichtung gelöst, welche insbesondere zur 3D-Abstandsmessung dienen kann.

20 Die Messvorrichtung weist wenigstens einen optoelektronischen Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 12 auf. Ferner ist ein optischer Sender vorgesehen, der zum Erzeugen und Abstrahlen eines modulierten, insbesondere intensitätsmodulierten Photonenstrom mit vorbestimmter Phase dient. Ferner ist eine Einrichtung zum Erzeugen einer Steuerspannung vorgesehen, wobei die Phase der Steuerspannung in einer festen Beziehung zur Phase des vom Sender erzeugten Photonenstroms steht. Den Sammelzonen ist eine Auswerteeinrichtung zugeordnet, die zum Ermitteln der Amplitude und Phase des modulierten Photonenstroms mit 25 Bezug auf die Phase der Steuerspannung ausgebildet ist. Es sei angemerkt, dass es sich bei dem optoelektronischen Sensor im Prinzip um einen photonischen Mischdetektor handelt, der beispielsweise einem Pixel eines Kamerachips entsprechen kann. Sofern in dem Halbleiterbereich mehr als 30 ein Sammelzonenpaar zwischen den beiden Steuerzonen 35

eingebettet sind, kann der optoelektronische Sensor auch als ein Mehrpixel-Sensor fungieren. Auf diese Weise kann durch Anordnung mehrerer Sammelzonenpaare auch ein zweidimensionales Pixelarray gebildet werden.

5

Alternativ kann ein optoelektronischer Sensor zum Demodulieren eines modulierten Photonenstroms geschaffen werden, welcher einen Halbleiterbereich, wenigstens zwei an einer Oberfläche des Halbleiterbereichs vorhandene Sammelzonen zum Sammeln und Abgreifen von Minoritätsträgern, die beim Eindringen eines modulierten Photonenstroms in den Halbleiterbereich erzeugt werden, und wenigstens zwei kapazitive Elemente zum kapazitiven Einkoppeln einer Wechselspannung, die ein Driftfeld erzeugt, aufweist. Die Sammelzonen sind zwischen den kapazitiven Elementen angeordnet.

Die kapazitiven Elemente können Kondensatoren oder in Sperrrichtung vorgespannte Schottkydiode sein.

20

Alternativ können die kapazitiven Elemente zum Halbleiterbereich invers dotierte Zonen enthalten, die mit dem Halbleiterbereich einen pn-Übergang bilden, der im Betrieb in Sperrrichtung vorgespannt ist.

25

Zweckmäßigerweise sind die Sammelzonen als Schottkydiode ausgebildet, die im Betrieb in Sperrrichtung vorgespannt sind.

30 Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

35 Fig. 1 einen optoelektronischen Sensor im Querschnitt mit einer angeschalteten, schematisch

dargestellten Auswerteeinrichtung, wobei eine Steuerspannung vorbestimmter Polarität an den Steuerzonen angelegt ist,

Fig. 2 den optoelektronischen Sensor nach Fig. 1, 5 wobei eine umgepolte Steuerspannung an den Steuerzonen angelegt ist, und

Fig. 3 a-e den Verlauf eines von einem Sender abgestrahlten intensitätsmodulierten 10 Photonenstroms,

den Verlauf des auf den in Fig. 1 gezeigten optoelektronischen Sensor auftreffenden Photonenstrom,

den Verlauf der Drift- oder Steuerspannung,

den Verlauf des aufintegrierten und an der 15 Sammelzone 20 abgegriffenen elektrischen Stroms,

und den Verlauf des aufintegrierten und an der Sammelzone 22 abgegriffenen elektrischen Stroms,

20 Fig. 4 einen optoelektronischen Sensor im Querschnitt mit einer angeschalteten, schematisch dargestellten Auswerteeinrichtung und zwei Kondensatoren zum kapazitiven Einkoppeln einer Steuerspannung in den Halbleiterbereich, und

25 Fig. 5 einen optoelektronischen Sensor im Querschnitt mit einer angeschalteten, schematisch dargestellten Auswerteeinrichtung und zwei in Sperrichtung vorgespannten Dioden zum kapazitiven Einkoppeln einer Steuerspannung in 30 den Halbleiterbereich.

Fig. 1 zeigt einen optoelektronischen Sensor, den man auch als optoelektronischen Detektor bezeichnen kann. Der optoelektronische Sensor weist einen Halbleiterbereich, im vorliegenden Fall eine Halbleiterschicht 10 auf, welche im

vorliegenden Beispiel p-dotiert ist. In die Halbleiterschicht 10 sind zwei p-dotierte Zonen 32, 34 eindiffundiert, die nachfolgend als Steuerzonen bezeichnet werden. Ferner sind zwei n-dotierte Zonen 20, 22 in die Halbleiterschicht 10 eindiffundiert, die nachfolgend als Sammelzonen bezeichnet werden. Die Sammelzonen 20 und 22 sowie die Steuerzonen 32 und 34 erstrecken sich von einer Oberfläche der Halbleiterschicht in die Halbleiterschicht 10 hinein. Mit Bezug auf den gedachten Mittelpunkt des Sensors befinden sich die Steuerzonen 32 und 34 weiter außen als die Sammelzonen 20 und 22. An die Steuerzonen 32 und 34 ist eine steuerbare Spannungsquelle 60 angeschlossen, die, wie nachfolgend noch näher erläutert wird, eine in Fig. 3c dargestellte Steuerspannung, auch Driftspannung genannt, erzeugt, um in der Halbleiterschicht 10 ein homogenes Driftfeld zu erzeugen. Ferner ist den Sammelzonen 20 und 22 eine Auswerteeinrichtung zugeordnet, die der einfacheren Darstellung wegen lediglich durch die beiden Ladungsmesser 40 und 42 symbolisch dargestellt ist. Der Ladungsmesser 40 ist mit der Sammelzone 20 verbunden und misst den an der Sammelzone 20 abgreifbaren, aufintegrierten Strom, dessen zeitlicher Verlauf in Fig. 3d gezeigt ist. Der Ladungsmesser 42 ist mit der Sammelzone 22 verbunden und kann den an der Sammelzone 22 abgreifbaren, aufintegrierten Strom messen, dessen zeitlicher Verlauf in Fig. 3e dargestellt ist.

Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 dargestellten optoelektronischen Sensor, wobei lediglich die Polarität der an die Steuerzonen 32 und 34 angelegten Spannungsquelle 60 vertauscht worden ist.

Wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt, ist die Halbleiterschicht 10 beispielsweise auf einem Dielektrikum 12 aufgebracht.

Nachfolgend wird die Funktionsweise des optoelektronischen Sensors in Verbindung mit einer Messvorrichtung zur 3D-Abstandsmessung hinsichtlich eines nicht dargestellten Objektes erläutert.

5

Es sei angenommen, dass ein optischer Sender (nicht dargestellt), auch Photonenquelle genannt, einen intensitätsmodulierten Photonenstrom erzeugt und abstrahlt, dessen Verlauf in Fig. 3a dargestellt ist. Der

10 intensitätsmodulierte Photonenstrom wird beispielsweise an einem zu vermessenden Objekt reflektiert und trifft nach einer bestimmten Photonenflugzeit, die in Fig. 3a eingetragen ist, als Photonenstrom 50 auf der aktiven Sensorzone des optoelektronischen Sensors auf, wie dies in

15 Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt ist. Der zeitlich verzögerte Photonenstrom 50 ist in Fig. 3b dargestellt. Der in die Halbleiterschicht 10 eindringende Photonenstrom 50 erzeugt in der Halbleiterschicht 10 Ladungsträgerpaare, von denen lediglich die als Minoritätsträger fungierenden Elektronen

20 11 dargestellt sind. Um die Amplitude und Phase des Photonenstroms 50 bezüglich der Phase der Steuerspannung messen zu können, wird an die p-dotierten Steuerzonen 32 und 34 eine Steuerspannung angelegt, deren Verlauf in Fig.

25 3c dargestellt ist. Die Steuerspannung kann, wie in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt, durch elektronisches Umschalten der Spannungsquelle 60 erzeugt werden. Wichtige Voraussetzung für eine Objektvermessung ist, dass die Phase des am optischen Sender abgestrahlten Photonenstroms in einer festen Phasenbeziehung zu der Phase der Steuerspannung

30 steht, wie dies durch die in Fig. 3a und 3c dargestellten Kurvenverläufe verdeutlicht wird. Die an den p-dotierten Steuerzonen 32 und 34 angelegte Steuerspannung ruft in der Halbleiterschicht 10 ein Driftfeld hervor, welches im Wesentlichen homogen in der Halbleiterschicht 10 zwischen den Sammelzonen 20 und 22 verläuft. Die Richtung des

Driftfeldes wird in Abhängigkeit von der an die Steuerzonen 32 und 34 angelegten Steuerspannung geändert. Auf diese Weise werden die in der Halbleiterschicht 10 erzeugten Minoritätsträger 11 einmal zur Sammelzone 20 hin und einmal 5 zur Sammelzone 22 hin beschleunigt. Beim Unterfliegen der n-dotierten Sammelzonen 20 und 22 können die Elektronen 11 durch die hervorgerufene Raumladungszone eingefangen, in den Sammelzonen 20 und 22 gesammelt und als messbarer elektrischer Strom von der Auswerteeinrichtung 40, 42 10 abgegriffen werden. Der in Fig. 3c dargestellte Verlauf der Steuerspannung sorgt dafür, dass während einer positiven Steuerspannung ein Driftfeld erzeugt wird, welches, sofern der modulierte Photonenstrom 50 auf die Sensoroberfläche auftrifft, die erzeugten Elektronen 11 zur Sammelzone 20 15 treibt. Während einer positiven Steuerspannung werden demzufolge die Elektronen 11 an der Sammelzone 20 gesammelt, wodurch ein Stromfluss an der Sammelzone 20 abgreifbar ist. Der in Fig. 3c dargestellte Verlauf der Steuerspannung sorgt ferner dafür, dass während einer negativen Steuerspannung ein Driftfeld erzeugt wird, 20 welches, sofern der intensitätsmodulierte Photonenstrom 50 auf die Sensoroberfläche auftrifft, die erzeugten Elektronen 11 zur Sammelzone 22 treibt. Während einer negativen Steuerspannung werden demzufolge die Elektronen 25 11 an der Sammelzone 22 gesammelt, wodurch ein Stromfluss an der Sammelzone 22 abgreifbar ist. Der Verlauf des sich in Abhängigkeit des auftreffenden Photonenstroms 50 und der Steuerspannung an der Sammelzone 20 ergebenden aufintegrierten Stroms ist in Fig. 3d dargestellt, während 30 der Verlauf des sich in Abhängigkeit des auftreffenden Photonenstroms 50 und der Steuerspannung an der Sammelzone 22 ergebenden aufintegrierten Stroms in Fig. 3e gezeigt ist.

Die Auswerteeinrichtung 40, 42 ist derart ausgebildet, dass sie die Summe der an den Sammelzonen 20 und 22 abgreifbaren, aufintegrierten Ströme bestimmen kann, welche ein Maß für die Amplitude des Photonenstroms 50 ist.

5 Ebenfalls kann die Auswerteeinrichtung 40, 42 das Verhältnis des an der Sammelzone 20 abgreifbaren aufintegrierten Stromes zu dem an der Sammelzone 22 abgreifbaren aufintegrierten Stroms ermitteln, welches ein Maß für die Phase des auf den Sensor auftreffenden 10 Photonenstroms 50 in Bezug auf die Phase des in Fig. 3c dargestellten Steuerspannungsverlaufs ist. Wenn, wie dies in den Figuren 3a und 3 c verdeutlicht ist, die Phase des vom Sender erzeugten Photonenstroms gleich der Phase der von der Spannungsquelle 60 erzeugten Steuerspannung ist, 15 ist das Verhältnis der an den Sammelzonen 20 und 22 abgreifbaren, aufintegrierten Ströme ein Maß für die Flugzeit der Photonen von dem zu vermessenden Objekt bis zum Auftreffen auf den Sensor und somit ein Maß für den zurückgelegten Weg der Photonen.

20 Fig. 4 zeigt einen optoelektronischen Sensor, der sich von dem in Fig. 1 gezeigten optoelektronischen Sensor darin unterscheidet, dass anstelle der Steuerzonen 32 und 34 ein Kondensator 35 bzw. 36 auf der Oberfläche des 25 Halbleiterbereichs 10 aufgebracht ist, an die über eine Wechselspannungsquelle 65 eine Wechselspannung zur Erzeugung eines Driftfeldes im Halbleiterbereich angelegt wird. Die Kondensatoren 35 und 36 sind von den Sammelzonen 20 und 22 räumlich getrennt, wobei die Sammelzonen 20 und 30 22 zwischen den Kondensatoren 35 und 36 angeordnet sind. Anstelle der Kondensatoren können auch Schottkydioden verwendet werden, die in Sperrrichtung vorgespannt sind.

35 Fig. 5 zeigt einen optoelektronischen Sensor, der sich von dem in Fig. 1 gezeigten optoelektronischen Sensor darin

unterscheidet, dass anstelle der p-dotierten Steuerzonen 32 und 34 n-dotierte Zonen 37 und 38 eingebracht sind, die einen pn-Übergang im Halbleiterbereich 10 bilden und in Sperrrichtung vorgespannt betrieben werden. An die n-dotierten Zonen 37 und 38 ist über eine Wechselspannungsquelle 65 eine Wechselspannung angelegt, die zur Erzeugung eines Driftfeldes zwischen den Sammelzonen 20 und 22 dient. Die Sammelzonen 20 und 22 sind räumlich getrennt von den n-dotierten Zonen 37 und 38 und 10 zwischen diesen angeordnet.

Im Übrigen entspricht der Aufbau der in den Fig. 4 und 5 gezeigten optoelektronischen Sensoren dem Aufbau der in Verbindung mit Fig. 1 und 2 beschriebenen Sensoren. Gleiche 15 Bezugszeichen kennzeichnen somit auch gleiche Merkmale.

Angemerkt sei ferner, dass die Sammelzonen 20 und 22 der optoelektronischen Sensoren als Schottkydioden ausgebildet sein können.

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Sensor zum Demodulieren eines
5 modulierten Photonenstroms (50) mit
einem Halbleiterbereich (10),
wenigstens zwei in dem Halbleiterbereich (10)
vorhandenen Sammelzonen (20, 22) zum Sammeln und
Abgreifen von Minoritätsträgern (11), die beim
10 Eindringen eines modulierten Photonenstroms (50) in den
Halbleiterbereich (10) erzeugt werden, und
wenigstens zwei in dem Halbleiterbereich (10)
eingebrachten Steuerzonen (32, 34) zum Erzeugen eines
Driftfeldes in Abhängigkeit von einer an die
15 Steuerzonen (32, 34) anlegbaren Steuerspannung, wobei
die Steuerzonen (32, 34) vom gleichen Dotierungstyp wie
der Halbleiterbereich (10) sind.
2. Optoelektronischer Sensor nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterbereich (10) sich über oder in einem
Halbleitersubstrat (12) befindet, welches höher dotiert
ist als der Halbleiterbereich (10).
- 25 3. Optoelektronischer Sensor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterbereich (10) auf einem Dielektrikum (12)
aufgebracht ist.
- 30 4. Optoelektronischer Sensor nach einem der Ansprüche 1
bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Steuerzonen (32, 34) zum Mittelpunkt des Sensors
einen größeren Abstand aufweisen als die Sammelzonen
35 (20, 22).

5. Optoelektronischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Halbleiterbereich (10) p-dotiert ist.

5

6. Optoelektronischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Sammelzonen (20, 22) diffundiert und invers zum Halbleiterbereich (10) dotiert sind.

10

7. Optoelektronischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

15

die Erzeugung der Sammelzonen (20, 22) durch lokale Ladungsverschiebungen in dem Halbleiterbereich (10) erfolgt.

20

8. Optoelektronischer Sensor zum Demodulieren eines modulierten Photonenstroms (50) mit einem Halbleiterbereich (10), wenigstens zwei an einer Oberfläche des Halbleiterbereichs (10) vorhandenen Sammelzonen (20, 22) zum Sammeln und Abgreifen von Minoritätsträgern (11), die beim Eindringen eines modulierten Photonenstroms (50) in den Halbleiterbereich (10) erzeugt werden, und wenigstens zwei kapazitiven Elementen (35, 36; 37, 38) zum kapazitiven Einkoppeln einer Wechselspannung zum Erzeugen eines Driftfeldes in Abhängigkeit von der eingekoppelten Wechselspannung, wobei die Sammelzonen (20, 22) zwischen den kapazitiven Elementen (35, 36; 37, 38) angeordnet sind.

25

30

9. Optoelektronischer Sensor nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die kapazitiven Elemente (35, 36) Kondensatoren oder
Schottkydiode sind.

5

10. Optoelektronischer Sensor nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die kapazitiven Elemente (37, 38) zum Halbleiterbereich
(10) invers dotierte Zonen enthalten.

10

11. Optoelektronischer Sensor nach einem der Ansprüche 1
bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Sammelzonen (20, 22) als Schottkydiode ausgebildet
15 sind.

15

12. Optoelektronischer Sensor nach einem der Ansprüche 1
bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 in dem Halbleiterbereich (10) mehr als ein
Sammelzonenpaar zwischen zwei Steuerzonen (32, 34) oder
zwei kapazitiven Elementen (35, 36; 37, 38) eingebettet
ist.

25 13. Messvorrichtung insbesondere zur 3D-Abstandsmessung mit
wenigstens einem optoelektronischen Sensor nach einem
der Ansprüche 1 bis 12,
einem optischen Sender zum Erzeugen eines modulierten
Photonenstroms mit vorbestimmter Phase,
30 einer Einrichtung (60) zum Erzeugen einer
Steuerspannung, wobei die Phase der Steuerspannung in
einer festen Beziehung zur Phase des vom Sender
erzeugten Photonenstroms steht, und
einer den Sammelzonen (20, 22) zugeordneten
35 Auswerteeinrichtung (40, 42) zum Ermitteln der

Amplitude und der Phase des modulierten Photonenstroms mit Bezug auf die Phase der Steuerspannung.

FIG. 1

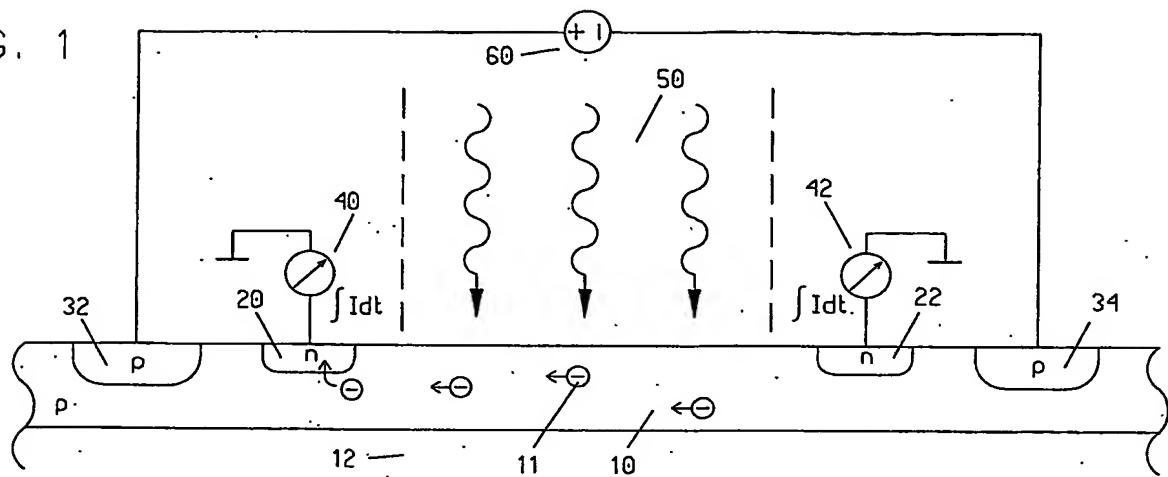


FIG. 2

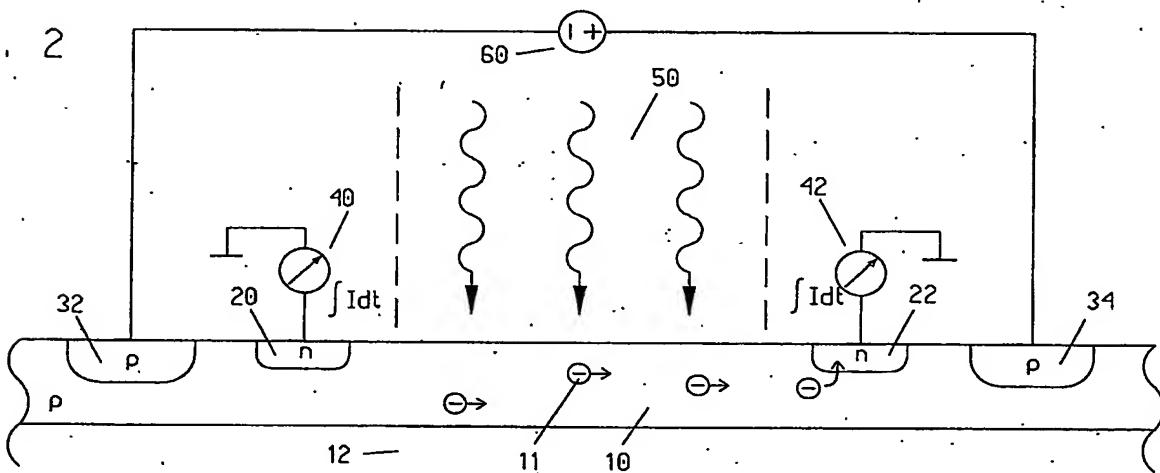


FIG. 3

- a) Abgestrahlter Photonenstrom
- b) Auftreffender Photonenstrom 50
- c) Steuerspannung
- :
- d) Auf integriertes Stromsignal an 40
- e) Auf integriertes Stromsignal an 42

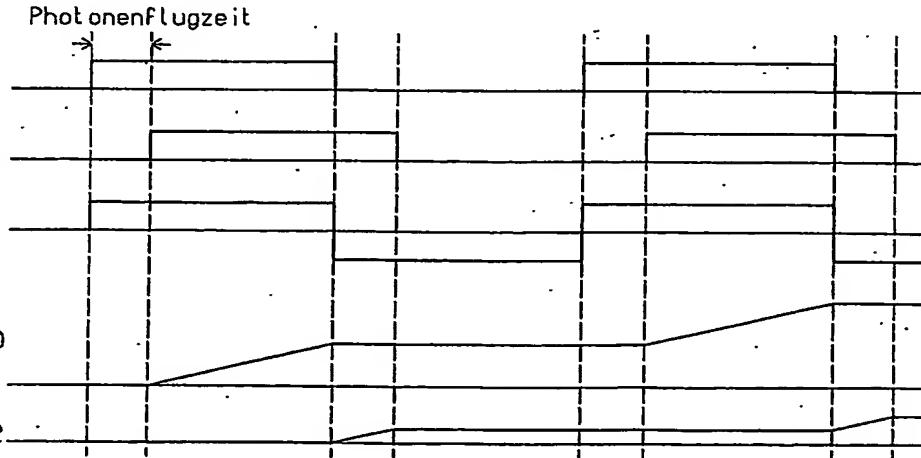


FIG. 4

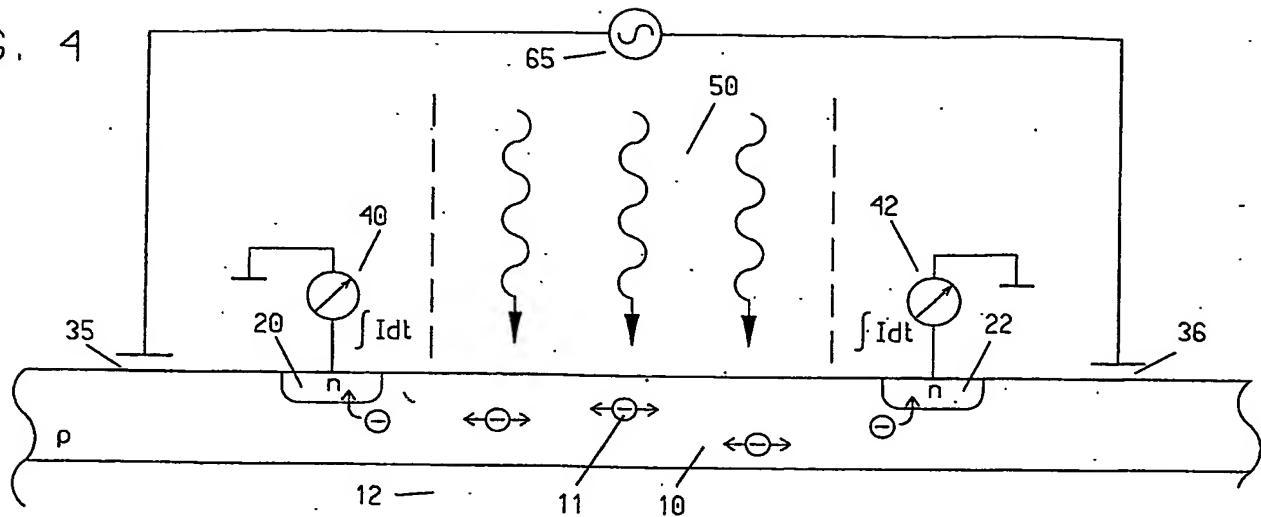
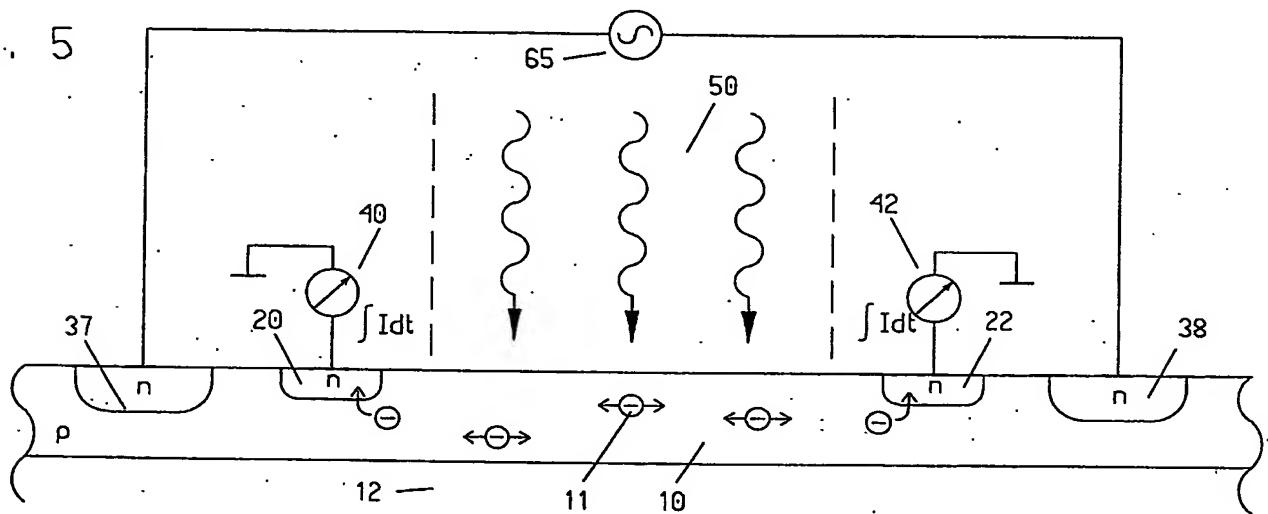


FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L27/146

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/33922 A2 (SCHWARTE, RUDOLF) 25 April 2002 (2002-04-25) the whole document figures 2,3,6	1-12
Y	DE 198 21 974 A1 (SCHWARTE, RUDOLF) 25 November 1999 (1999-11-25) cited in the application the whole document figure 3	13
X	DE 197 04 496 A1 (SCHWARTE, RUDOLF, PROF. DR.-ING., 57250 NETPHEN, DE; SCHWARTE, RUDOLF) 12 March 1998 (1998-03-12) cited in the application the whole document figure 13	8,9
X		1
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

31 January 2005

Date of mailing of the International search report

08/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bernabé Prieto, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008437

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HEINOL H G ET AL: "PHOTOMISCHDETEKTOR ERFAST 3D-BILDER NEUES OPTISCHES BAUELEMENT VEREINIGT DETEKTION UND MISCHUNG" ELEKTRONIK, FRANZIS VERLAG GMBH. MUNCHEN, DE, vol. 48, no. 12, 15 June 1999 (1999-06-15), page 80,82,84,86,88,90, XP000913168 ISSN: 0013-5658 the whole document figures 1,3,5 -----	1
Y		13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008437

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0233922	A2	25-04-2002	WO 0233817 A1 AU 1813502 A AU 2148101 A BR 0017356 A CN 1479968 T DE 10194478 D2 EP 1330869 A1 EP 1332594 A2 JP 2004512723 T JP 2004512679 T US 2004012834 A1	25-04-2002 29-04-2002 29-04-2002 17-08-2004 03-03-2004 29-04-2004 30-07-2003 06-08-2003 22-04-2004 22-04-2004 22-01-2004
DE 19821974	A1	25-11-1999	AU 5025599 A BR 9910523 A CN 1301401 T WO 9960629 A1 EP 1080500 A1 JP 2002516490 T US 6777659 B1	06-12-1999 16-01-2001 27-06-2001 25-11-1999 07-03-2001 04-06-2002 17-08-2004
DE 19704496	A1	12-03-1998	AT 254758 T AU 715284 B2 AU 4376197 A BR 9712804 A CA 2264051 A1 CN 1233323 A ,C CZ 9900693 A3 WO 9810255 A1 DE 59711038 D1 EP 1009984 A1 ES 2206748 T3 HU 0001087 A2 JP 2000517427 T RU 2182385 C2 US 6825455 B1	15-12-2003 20-01-2000 26-03-1998 23-11-1999 12-03-1998 27-10-1999 11-08-1999 12-03-1998 24-12-2003 21-06-2000 16-05-2004 28-08-2000 26-12-2000 10-05-2002 30-11-2004

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008437

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L27/146

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/33922 A2 (SCHWARTE, RUDOLF) 25. April 2002 (2002-04-25)	1-12
Y	das ganze Dokument Abbildungen 2,3,6	13
X	DE 198 21 974 A1 (SCHWARTE, RUDOLF) 25. November 1999 (1999-11-25) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument Abbildung 3	8,9
X	DE 197 04 496 A1 (SCHWARTE, RUDOLF, PROF. DR.-ING., 57250 NETPHEN, DE; SCHWARTE, RUDOLF) 12. März 1998 (1998-03-12) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument Abbildung 13	1
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
31. Januar 2005	08/02/2005
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Bernabé Prieto, A

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/008437

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	HEINOL H G ET AL: "PHOTOMISCHDETEKTOR ERFAST 3D-BILDER NEUES OPTISCHES BAUELEMENT VEREINIGT DETEKTION UND MISCHUNG" ELEKTRONIK, FRANZIS VERLAG GMBH. MUNCHEN, DE, Bd. 48, Nr. 12, 15. Juni 1999 (1999-06-15), Seite 80,82,84,86,88,90, XP000913168 ISSN: 0013-5658 das ganze Dokument Abbildungen 1,3,5 -----	1
Y		13

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008437

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0233922	A2	25-04-2002	WO	0233817 A1		25-04-2002
			AU	1813502 A		29-04-2002
			AU	2148101 A		29-04-2002
			BR	0017356 A		17-08-2004
			CN	1479968 T		03-03-2004
			DE	10194478 D2		29-04-2004
			EP	1330869 A1		30-07-2003
			EP	1332594 A2		06-08-2003
			JP	2004512723 T		22-04-2004
			JP	2004512679 T		22-04-2004
			US	2004012834 A1		22-01-2004
DE 19821974	A1	25-11-1999	AU	5025599 A		06-12-1999
			BR	9910523 A		16-01-2001
			CN	1301401 T		27-06-2001
			WO	9960629 A1		25-11-1999
			EP	1080500 A1		07-03-2001
			JP	2002516490 T		04-06-2002
			US	6777659 B1		17-08-2004
DE 19704496	A1	12-03-1998	AT	254758 T		15-12-2003
			AU	715284 B2		20-01-2000
			AU	4376197 A		26-03-1998
			BR	9712804 A		23-11-1999
			CA	2264051 A1		12-03-1998
			CN	1233323 A ,C		27-10-1999
			CZ	9900693 A3		11-08-1999
			WO	9810255 A1		12-03-1998
			DE	59711038 D1		24-12-2003
			EP	1009984 A1		21-06-2000
			ES	2206748 T3		16-05-2004
			HU	0001087 A2		28-08-2000
			JP	2000517427 T		26-12-2000
			RU	2182385 C2		10-05-2002
			US	6825455 B1		30-11-2004